



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Int. Cl.³: G 01 B 5/30
G 01 B 7/16

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



PATENTSCHRIFT A5

636 698

②① Gesuchsnummer: 12988/78

②② Anmeldungsdatum: 21.12.1978

②④ Patent erteilt: 15.06.1983

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 15.06.1983

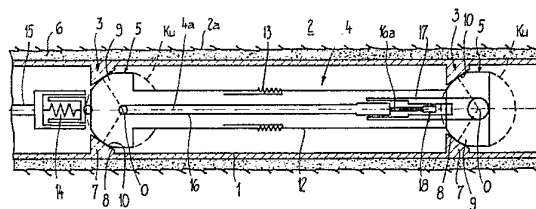
⑦③ Inhaber:
Gesellschaft zur Förderung der Forschung an der
Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich

⑦② Erfinder:
Dr. Kalman Kovari, Zürich
Christian Amstad, Oberhasli
Jakob Köppel, Würenlos

⑦④ Vertreter:
Patentanwälte W.F. Schaad, V. Balass, E.E.
Sandmeier, Zürich

⑤④ Verfahren und Einrichtung zum Bestimmen von Verschiebungen in einem festen Medium, insbesondere im Boden, im Fels und in Bauwerken.

⑤⑦ In das zu untersuchende Medium (2) wird ein Messrohr (1) eingebettet, das auf seiner Innenseite in gleichmässigen Abständen Messmarken (3), die als mechanische Anschläge (7) ausgebildet sind, aufweist. Zur Bestimmung des Abstandes benachbarter Messmarken (3) dient eine Messsonde (4), die zwei Messköpfe (5) aufweist, die mittels eines Verbindungsrohres (12) miteinander so verbunden sind, dass die in Längsachse (4a) der Messsonde (4) relativ zueinander verschiebbar sind. Jeder Messkopf (5) ist als mechanischer Gegenanschlag (9) ausgebildet. Im Innern des Verbindungsrohres (12) ist ein induktiver Längengeber (18) angeordnet. Über eine Zugstange (15) und ein Dynamometer (14) und eine Zugfeder (13) werden die beiden Messköpfe (5) mit ihren Gegenanschlagflächen (10) auf den Anschlagflächen (8) der Anschläge (7) zur Auflage gebracht. Das von Längengeber (18) erzeugte Signal ist proportional zum Abstand bzw. zur Abstandsänderung zwischen den beiden Messköpfen (5). Relativverschiebungen zwischen den beiden Messmarken (3) in Richtung der Messrohrachse lassen sich somit direkt bestimmen.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Bestimmen von Verschiebungen in einem festen Medium, insbesondere im Boden, im Fels und in Bauwerken, bei dem die Relativlage zwischen benachbarten Messstellen, die in gegenseitigen Abständen im zu untersuchenden Medium angeordnet sind, festgestellt wird, dadurch gekennzeichnet, dass nacheinander die gegenseitige Lage von mindestens zwei benachbarten Messstellen (3), die durch in einem Medium verlaufenden Hohlraum (1) in gleichmässigen Abständen angeordnete mechanische Anschläge (7) festgelegt werden, mittels einer Messsonde (4, 19), die wenigstens zwei als mechanische Gegenansschläge (9, 21) ausgebildete, zumindest in ihrem gegenseitigen Abstand veränderbare Messköpfe (5, 20) aufweist, bestimmt wird, indem jeder Gegenanschlag (9, 21) mit einem Anschlag (7) zur Anlage gebracht und die Relativlage der Messköpfe (5, 20) erfasst wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jeder von drei Messköpfen (20) der Messsonde (19) mit einem von drei Anschlägen (7) zur Anlage gebracht wird und sowohl der Abstand zwischen den Messköpfen (20) wie auch die seitliche Abweichung eines Messkopfes (20b) bezüglich der beiden andern Messköpfe (20a) ermittelt wird.

3. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Messstellen (3) durch in gleichmässigen Abständen in einem im Medium verlaufenden Hohlraum (1) angeordnete mechanische Anschläge (7) festgelegt sind, deren gegenseitige Lage mittels einer Messsonde (4, 19) bestimmbar ist, die wenigstens zwei miteinander verbundene, zumindest in ihrem gegenseitigen Abstand veränderbare Messköpfe (5, 20), die als mit den Anschlägen (7) zusammenwirkende mechanische Gegenansschläge (9, 21) ausgebildet sind, und mindestens eine die Relativlage der Messköpfe (5, 20) messende Messeinrichtung (17, 31, 32) aufweist.

4. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Anschlagfläche (8) der Anschläge (7) durch eine Kegelmantelfläche und diejenige (10, 22) der Gegenansschläge (9, 21) durch eine Kugelfläche gebildet ist.

5. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Anschlagfläche der Anschläge (7) durch eine Kugelfläche und diejenige der Gegenansschläge (9, 21) durch eine Kegelmantelfläche gebildet ist.

6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 3–5, dadurch gekennzeichnet, dass die Anschläge (7) auf der Innenseite eines im zu untersuchenden Medium eingebetteten Rohres (1) angeordnet sind.

7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 3–6, dadurch gekennzeichnet, dass sowohl die Anschläge (7) wie auch die Gegenansschläge (9, 21) aus mehreren durch jeweils eine Lücke (11) voneinander getrennten Abschnitten (7a, 9a, 21) bestehen.

8. Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Anschlag (7) und jeder Gegenanschlag (9, 21) aus vier jeweils um 90° gegeneinander versetzten Abschnitten (7a, 9a, 21) besteht.

9. Einrichtung nach einem der Ansprüche 3–8, gekennzeichnet durch zwei starr oder gelenkig, jedoch drehfest miteinander verbundenen Messköpfe (5).

10. Einrichtung nach einem der Ansprüche 3–8, dadurch gekennzeichnet, dass die Messsonde (19) drei Messköpfe (20) aufweist, von denen zwei Messköpfe (20a) mit dem dritten Messkopf (20b) gelenkig, jedoch drehfest und im Abstand veränderbar verbunden sind und dass eine Messeinrichtung (31) zur Messung des Abstandes, bzw. der Abstandsänderung, zwischen den jeweils miteinander verbundenen Messköpfen (20a, 20b) sowie eine Messeinrichtung (32) zum Messen der seitlichen Abweichung eines Messkopfes (20b) bezüglich der beiden andern Messköpfe (20a) vorgesehen ist.

11. Einrichtung nach einem der Ansprüche 3, 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Messeinrichtung (18, 31) zur

Messung des Abstandes, bzw. der Abstandsänderung, zwischen zwei Messköpfen (5, 20) einen vorzugsweise induktiven Längengeber aufweist.

12. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Messeinrichtung zum Messen der seitlichen Abweichung des mittleren Messkopfes (20b) einen den Winkel zwischen den Verbindungsachsen (28a) zwischen dem mittleren und den äusseren Messköpfen (20b, 20a) messenden Messgrösenumformer (32), der vorzugsweise durch wenigstens einen, insbesondere induktiven, Längengeber gebildet ist, aufweist.

13. Einrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Gelenkverbindung (24) zwischen den Messköpfen (20a, 20b) zwei rechtwinklig zueinander und zur Längsachse der Messsonde (19) verlaufende Gelenkachsen aufweist.

14. Einrichtung nach einem der Ansprüche 9, 10 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Messköpfe (20a, 20b) mittels eines die Messeinrichtung (31, 32) umgebenden Rohres (23) miteinander verbunden sind, welches gelenkig, jedoch drehfest mit dem einen Messkopf (20b) verbunden und fest am andern Messkopf (20a) angebracht ist.

15. Einrichtung nach einem der Ansprüche 3–14, dadurch gekennzeichnet, dass die Messeinrichtung (18, 31) zur Messung des Abstandes bzw. der Abstandsänderung zwischen zwei Messköpfen (5, 20) zwei in Messondenlängsachse relativ zueinander verschiebbare Bauteile (16, 17, 28, 29) aufweist, von denen jeder Bauteil mittels einer Kardanaufhängung (30) im Mittelpunkt (0) der die Anschlagflächen (10, 22) der Gegenansschläge (9, 21) bestimmenden Kugel (Ku) an einem Messkopf (5, 20) befestigt ist.

16. Messsonde für eine Einrichtung nach Anspruch 3, gekennzeichnet durch mindestens zwei miteinander verbundene, zumindest in ihrem gegenseitigen Abstand veränderbare Messköpfe (5, 20), die als mechanische Gegenansschläge (9, 21), die dazu bestimmt sind, mit im zu untersuchenden Medium in gegenseitigen Abständen angeordneten mechanischen Anschlägen (7) zur Anlage zu kommen, ausgebildet sind und durch mindestens eine Messeinrichtung (17, 31, 32) zum Messen der Relativlage der Messköpfe (5, 20).

17. Messsonde nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Anschlagfläche (10, 22) der Gegenansschläge (9, 21) durch eine Kugelfläche oder eine Kegelmantelfläche gebildet ist.

18. Messsonde nach einem der Ansprüche 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Gegenansschläge (9, 21) aus mehreren durch jeweils eine Lücke (11) voneinander getrennten Abschnitten (9a, 21) bestehen.

19. Messsonde nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Gegenanschlag (9, 21) aus vier jeweils um 90° gegeneinander versetzten Abschnitten (9a, 21) besteht.

20. Messsonde nach einem der Ansprüche 16–19, gekennzeichnet durch zwei starr oder gelenkig, jedoch drehfest miteinander verbundene Messköpfe (5).

21. Messsonde nach einem der Ansprüche 16–20, dadurch gekennzeichnet, dass die Messsonde (19) drei Messköpfe (20) aufweist, von denen zwei Messköpfe (20a) mit dem dritten Messkopf (20b) gelenkig, jedoch drehfest und im Abstand veränderbar verbunden sind, und dass eine Messeinrichtung (31) zur Messung des Abstandes bzw. der Abstandsänderung zwischen den jeweils miteinander verbundenen Messköpfen (20a, 20b) sowie eine Messeinrichtung (32) zum Messen der seitlichen Abweichung eines Messkopfes (20b) bezüglich der beiden andern Messköpfe (20a) vorgesehen ist.

22. Messsonde nach einem der Ansprüche 16, 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Messeinrichtung (31) zur Messung des Abstandes bzw. der Abstandsänderung zwischen zwei Messköpfen (20) einen vorzugsweise induktiven Längengeber aufweist.

23. Messsonde nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Messeinrichtung zum Messen der seitlichen Abweichung des mittleren Messkopfes (20b) einen den Winkel zwischen den Verbindungsachsen (28a) zwischen dem mittleren und den äusseren Messköpfen (20b, 20a) messenden Messgrössenumformer (32), der vorzugsweise durch wenigstens, einen, insbesondere induktiven, Längengeber gebildet ist, aufweist.

24. Messsonde nach Anspruch 20, oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Gelenkverbindung (24) zwischen den Messköpfen (20a, 20b) zwei rechtwinklig zueinander und zur Längsachse der Messsonde (19) verlaufende Gelenkachsen aufweist.

25. Messsonde nach einem der Ansprüche 20, 21 oder 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Messköpfe (20a, 20b) mittels eines die Messeinrichtung (31, 32) umgebenden Rohres (23) miteinander verbunden sind, welches gelenkig, jedoch drehfest mit dem einen Messkopf (20b) verbunden und fest am andern Messkopf (20a) angebracht ist.

26. Messsonde nach einem der Ansprüche 16–25, dadurch gekennzeichnet, dass die Messeinrichtung (18, 31) zur Messung des Abstandes bzw. der Abstandsänderung zwischen zwei Messköpfen (5, 20) zwei in Messsondenlängsachse relativ zueinander verschiebbare Bauteile (16, 17, 28, 29) aufweist, von denen jeder Bauteil mittels einer Kardanaufhängung (30) im Mittelpunkt (0) der die Anschlagflächen (10, 22) der Gegenanschlätze (9, 21) bestimmenden Kugel (Ku) an einem Messkopf (5, 20) befestigt ist.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen von Verschiebungen in einem festen Medium, insbesondere im Boden, im Fels, in Bauwerken und dergleichen, bei dem die Relativlage zwischen benachbarten Messstellen, die in gegenseitigen Abständen im zu untersuchenden Medium angeordnet sind, festgestellt wird sowie eine Einrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens mit mehreren im zu untersuchenden Medium in gegenseitigen Abständen angeordneten Messstellen. Die Erfindung bezieht sich weiter auf eine Messsonde für diese Einrichtung.

Bei bekannten Einrichtungen dieser Art zur Messung von Verschiebungen im Boden, im Fels oder in Bauwerken (zum Beispiel Kettenextensometer der Firma Interfels) werden im zu untersuchenden Medium an den Messstellen Messköpfe fest eingebaut. Benachbarte Messköpfe sind dabei so miteinander verbunden, dass eine Längenänderung von Messkopf zu Messkopf festgestellt werden kann. Diese ortsfesten Einrichtungen haben u.a. den Nachteil, dass an jedem Messort mehrere Messköpfe eingebaut werden müssen, die nicht oder nur zum Teil wieder gewonnen werden können. Bei mehreren Messorten ist daher ein erheblicher Aufwand notwendig. Zudem sind diese Messköpfe nach dem Einbau nicht oder nur schwer zugänglich, was deren Wartung und Kontrolle erschwert, wenn nicht gar verunmöglich.

Daneben sind auch Messgeräte zur Bestimmung von Verschiebungen bekannt, bei denen mittels einer Sonde die Lage von Metallringen festgestellt wird, die in gegenseitigen Abständen in einem Rohr angeordnet sind, das in das zu untersuchende Medium eingebaut ist (Radiopegelsonde System IDEL der Firma Interfels). Beim Durchgang der Sonde durch einen Metallring wird ein Signal erzeugt, das die Ortung dieses Metallringes und das Bestimmen dessen Lage bezüglich eines Referenzpegels erlaubt. Mit ein und derselben Sonde lassen sich zwar an verschiedenen Messorten Messungen vornehmen, doch sind letztere nur von verhältnismässig geringer Genauigkeit und haben daher nur bei grossen Verschiebungen die erforderliche Aussagekraft.

Die vorliegende Erfindung bezweckt nun, diese Nachteile zu beseitigen. Es stellt sich somit die Aufgabe, ein Verfahren bzw. eine Einrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, das bzw. die auf zuverlässige Weise ein genaues Bestimmen auch nur geringfügiger Verschiebungen ermöglicht, ohne dass hierfür ein grosser apparativer Aufwand erforderlich ist.

Die Lösung dieser Aufgabe zeichnet sich erfindungsgemäss durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruches 1, des Anspruches 3 bzw. des Anspruches 16 aufgeführten Merkmale aus.

Mittels derselben tragbaren Messsonde lassen sich an verschiedenen Orten Messungen vornehmen, die wegen der durch die mechanischen Anschläge und Gegenanschlätze eindeutig definierten Lage der Messköpfe bezüglich der Messstellen einwandfrei reproduzierbar sind. Da mit der Messsonde die Verschiebung zwischen benachbarten Messstellen gemessen wird, ist nicht wie bei bekannten Geräten zur Bestimmung dieser Verschiebung eine Differenzbildung zwischen zwei grossen Messwerten erforderlich. Da die empfindliche Messeinrichtung enthaltende Sonde nicht im zu untersuchenden Medium verbleibt, ist jederzeit eine Eichung und eine Kontrolle der Messeinrichtung möglich.

Um ein möglichst genaues Setzen der Messsonde zu ermöglichen, sind vorzugsweise die Anschlagflächen der Anschläge und der Gegenanschlätze als Kegelmantelflächen bzw. Kugelflächen oder umgekehrt ausgebildet.

Im folgenden werden anhand der Zeichnung Ausführungsbeispiele des Erfindungsgegenstandes näher erläutert. Es zeigt schematisch:

Fig. 1 eine Einrichtung zur Bestimmung von Verschiebungen in einer Richtung.

Fig. 2 Teilweise im Schnitt einen Teil der Einrichtung gemäss Fig. 1 mit der Messsonde in Messstellung,

Fig. 3 in gegenüber der Fig. 2 vergrössertem Massstab den Bereich eines Messkopfes der sich in Messstellung befindlichen Messsonde,

Fig. 4 und 5 eine Unteransicht eines auf einem Anschlag aufliegenden Messkopfes in Mess- bzw. Verschiebestellung,

Fig. 6 eine Einrichtung zur Bestimmung von Verschiebungen in drei zueinander rechtwinklig stehenden Richtungen,

Fig. 7 eine Seitenansicht einer Messsonde für die Einrichtung gemäss Fig. 6

Fig. 8 den Innenteil der Messsonde gemäss Fig. 7,

Fig. 9 einen äusseren Messkopf, und

Fig. 10 den Bereich des mittleren Messkopfes der Messsonde gemäss Fig. 7.

In den Figuren 1 bis 5 ist schematisch eine erste Ausführungsform einer Einrichtung zum Bestimmen von Verschiebungen im Gelände dargestellt. Diese Einrichtung weist ein Messrohr 1 auf, das in einen Hohlraum im Gelände 2, z.B. im Boden oder im Fels, eingebettet ist. In diesem Messrohr 1 sind in regelmässigen Abständen, z.B. alle 1,5 Meter, Messmarken 3 angebracht. Der Abstand bzw. die Abstandsänderung zwischen benachbarten Marken wird mittels einer Messsonde 4 auf noch zu beschreibende Weise gemessen. Die Messsonde 4 weist zwei Messköpfe 5 auf, die für jede Messung mit den Messmarken in Berührung gebracht werden.

In den Figuren 2 bis 4 ist der Aufbau der Messsonde 4 und der Messmarken 3 genauer dargestellt. Wie die Fig. 2 und 3 zeigen, wird das Messrohr 1 mittels Mörtel 6 mit der Wand 2a des im Gelände 2 ausgenommenen Bohrloches fest verbunden. Die Messmarken 3 werden durch ins Innere des Messrohrs 1 ragende mechanische Anschläge 7 gebildet. Jeder Anschlag 7 weist eine Anschlagfläche 8 auf, die Teil der Mantelfläche eines geraden Kreiskegels Ke ist, der in Fig. 3 gestrichelt dargestellt ist und dessen Spitze P auf der Längsachse 4a der Messsonde 4 liegt.

Diese Anschläge 7 wirken in Messstellung der Messsonde 4 mit Gegenanschlägen 9 zusammen, die entweder Teil jedes Messkopfes 5 bilden oder an letzterem angebracht sind. Diese Gegenanschläge 9 sind ebenfalls mit einer Anschlagfläche 10 versehen, die Teil der Oberfläche einer Kugel Ku (Fig. 3) bildet, deren Mittelpunkt 0 ebenfalls auf der Messondenlängsachse 4a liegt. Um ein Verschieben der Messsonde 4 in Längsrichtung des Messrohres 1 zu ermöglichen, wird jeder Anschlag durch mehrere, z.B. wie gezeigt vier Abschnitte 7a gebildet, die um jeweils 90° gegeneinander versetzt sind und zwischen sich je eine Lücke 11 bilden, wie das aus den Fig. 4 und 5 deutlich hervorgeht. Jeder Gegenanschlag 9 besteht aus einer entsprechenden Anzahl, d.h. ebenfalls vier, Abschnitten 9a, die durch eine Lücke getrennt ebenfalls um 90° gegeneinander versetzt sind. In Messstellung der Messsonde 4 kommen die Gegenanschlagabschnitte 9a auf den Anschlagabschnitten 7a zur Anlage, wie das die Fig. 4 zeigt. Durch Drehen der Messsonde 4 um ihre Längsachse 4a um 45° werden die Gegenanschlagabschnitte 9a in die Lücken 11 zwischen den Anschlagabschnitten 7a gebracht, was ein Verschieben der Messsonde 4 in Längsrichtung des Messrohres 1 erlaubt (Fig. 5).

Die beiden Messköpfe 5 sind mittels eines Verbindungsrohres 12 starr miteinander verbunden. Die Verbindung zwischen den Messköpfen 5 und dem Verbindungsrohr 12 kann auch gelenkig, jedoch drehfest sein. Das Verbindungsrohr 12 ist zweiteilig ausgebildet, wobei die beiden Teile mittels einer Zugfeder 13 miteinander verbunden und je an einem Messkopf 5 befestigt sind. Der Abstand zwischen den beiden Messköpfen 5 ist demnach veränderbar. Am einen Messkopf 5 ist über ein Dynamometer 14 eine Zugstange 15 befestigt. Mittels der Zugstange 15, des Dynamometers 14 und der Zugfeder 13 wird dafür gesorgt, dass in Messstellung der Messsonde 4 die beiden Messköpfe 5 mit dem notwendigen Anpressdruck an den Anschlägen 7 anliegen. Im Innern des Verbindungsrohres 12 ist die eigentliche Längenmeseinrichtung angeordnet, welche einen Stab 16 aufweist, der am einen Messkopf 5 im Kugelmittelpunkt 0 der Anschlagfläche 10 befestigt ist und in einen Hohlstab 17 eingreift, der am andern Messkopf 5 ebenfalls im Kugelmittelpunkt 0 befestigt ist. Die Verbindung zwischen dem Stab 16 bzw. dem Hohlstab 17 und dem zugeordneten Messkopf 5 kann starr sein oder über eine Kardanaufhängung erfolgen. Stab 16 und Hohlstab 17 sind in Richtung der Längsachse 4a der Messsonde 4 relativ zueinander verschiebbar. Im Innern des Hohlstabes 17 ist ein nur schematisch dargestellter Längengeber 18 bekannter Bauart angeordnet, der im vorliegenden Ausführungsbeispiel ein Differentialtransformator ist. Letzterer weist einen Tauchanker auf, der am vordern Teil 16a des Stabes 16 befestigt ist und sich bei Änderung des Abstandes zwischen den beiden Messköpfen 5 relativ zu den stationären Wicklungen des Differentialtransformators bewegt, was auf bekannte Weise die Erzeugung eines zur Grösse der Bewegung des Tauchankers proportionalen elektrischen Signales zur Folge hat.

Zur Messung des Abstandes bzw. der Abstandsänderung zwischen zwei benachbarten Messmarken 3 wird die Messsonde 4 in die in Fig. 2 gezeigte Messstellung gebracht. Wie bereits erwähnt, werden dabei die Messköpfe 5 über die Zugstange 15, das Dynamometer 14 und die Zugfeder 13 gegen die Messmarken 3 gedrückt. Die Gegenanschläge 9 kommen dabei auf den Anschlägen 7 zur Anlage. Wegen der beschriebenen Ausbildung der Anschlagflächen 8 bzw. 10 als Kreiskegelmantelflächen bzw. Kugelflächen wird ein einwandfreier, genauer und immer gleichbleibender Sitz der Messköpfe 5 auf den Messmarken 3 gewährleistet. Die Berührung der Gegenanschläge 9 mit den Anschlägen 7 erfolgt dabei entlang eines Kreises. Der Abstand bzw. die Abstandsänderung zwischen den auf den Anschlägen 7 aufliegenden Messköpfen 5 wird auf die erwähnte Weise mittels des Längengebers 18 erfasst. Das Ausgangssignal des Längengebers 18 wird auf nicht dargestellte Weise mittels

einer Auswerteschaltung ausgewertet. Da der Abstand bzw. die Abstandsänderung zwischen den Messköpfen 5 dem Abstand bzw. der Abstandsänderung zwischen den Messmarken 3 entspricht, kann somit festgestellt werden, falls sich der Abstand zwischen diesen Messmarken 3 infolge Verschiebungen im Gelände verändert hat. Der Längengeber 18 kann so eingestellt werden, dass das von ihm erzeugte Ausgangssignal kennzeichnend ist für die Abweichung des Abstandes zwischen den Messköpfen 5 von einem Normalwert, der dem Sollwert des Abstandes zwischen zwei Messmarken 3 entspricht.

Wie aus Fig. 1 hervorgeht, wird die Messsonde 4 in Längsrichtung des Messrohres 1 fortschreitend jeweils mit zwei benachbarten Messmarken 3 zur Anlage gebracht. In der Messposition i misst die Messsonde 4 den Abstand bzw. die Abstandsänderung zwischen den Messmarken i und i - 1. In der mit 4' bezeichneten, nachfolgenden Messposition i + 1 wird mittels der Messsonde der Abstand bzw. die Abstandsänderung zwischen den Messmarken i + 1 und i gemessen. Durch Aufsummierung der einzelnen auf diese Weise erhaltenen Messwerte kann die relative Verschiebung jeder Messmarke 3 bezüglich eines angenommenen Fixpunktes in Richtung X der Achse des Messrohres 1 bestimmt werden.

Die in den Fig. 6 bis 10 gezeigte Ausführungsform erlaubt ausser der Bestimmung der Verschiebung in Richtung der Messrohrlängsachse auch ein Messen der Verschiebung in Richtungen Y und Z, die zur erwähnten Richtung X rechtwinklig stehen. Wie beim Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 1 wird auch in diesem Fall ein Messrohr 1 in einen Hohlraum im Boden oder Fels 2 eingebettet (Fig. 6). In diesem Messrohr 1 sind in gleichen Abständen, z.B. jeweils im Abstand von 1,5 Metern, Messmarken 3 angebracht. Diese Messmarken 3 sind gleich wie beim Ausführungsbeispiel gemäss den Fig. 1 bis 5 als Anschläge ausgebildet, deren Anschlagfläche Teil der Mantelfläche eines geraden Kreiskegels ist. Jeder Anschlag besteht, wie bereits beschrieben, aus z.B. 4 Abschnitten, die jeweils um 90° versetzt sind und zwischen sich jeweils eine Lücke bilden. Die Relativlage benachbarter Messmarken 3 wird mittels einer Messsonde 19 bestimmt, die drei miteinander verbundene Messköpfe 20 aufweist. Diese Messsonde 19 ist in den Fig. 7 und 8 genauer dargestellt. Jeder Messkopf 20 hat an seinem Umfang verteilt Gegenanschlagelemente 21, die gleich wie die Gegenanschlagabschnitte 9a durch jeweils eine Lücke voneinander getrennt sind. Jedes Gegenanschlagelement 21 ist mit einer Anschlagfläche 22 versehen, die Teil einer Kugelfläche bildet. Diese Gegenanschlagelemente 21 entsprechen somit in ihrer Ausgestaltung wie auch in ihrer Wirkungsweise den Gegenanschlagabschnitten 9a der Ausführungsform gemäss den Fig. 1 bis 5. Benachbarte Messköpfe 20 sind mittels Verbindungsrohren 23 miteinander verbunden. Jedes dieser Verbindungsrohre 23 ist am einen Ende mittels einer Gelenkverbindung 24 am mittleren Messkopf 20b angebracht. Diese Gelenkverbindung 24 weist zwei Gelenkachsen auf, die rechtwinklig zueinander und zur Längsachse der Verbindungsrohre 23 stehen. Die Verbindungsrohre 23 sind drehfest mit dem Messkopf 20b verbunden. Am andern Ende ist jedes Verbindungsrohr 23 längsverschieblich mit einem äusseren Messkopf 20a drehfest verbunden, wie das durch die Längsführungen 25 schematisch angedeutet ist. Zwischen dem Verbindungsrohr 23 und dem zugeordneten äusseren Messkopf 20a ist eine Zugfeder 26 angeordnet. Am einen Messkopf 20a greift, gegebenenfalls über ein nicht dargestelltes Dynamometer, eine Zugstange 27 an. Mittels der Zugfedern 26 werden die Messköpfe 20b und 20a mit ihren Gegenanschlagelementen 21 mit dem erforderlichen Anpressdruck an die Messmarken 3 angepresst. Im Innern der Verbindungsrohre 23 ist, wie die Figur 8 zeigt, die eigentliche Messeinrichtung untergebracht. In jedem Verbindungsrohr 23 verlaufen coaxial zu letzterem stabförmige Teile 28 und 29 des Messsystems, die in Längsrichtung des Verbindungsrohres 23 relativ zueinander verschiebbar sind. Die

beiden Messsystemteile 28 sind mittels einer Kardanaufhängung 30 am mittleren Messkopf 20b befestigt, während die andern Messsystemteile 29 ebenfalls mittels einer Kardanaufhängung an einem äusseren Messkopf 20a angebracht sind. Der Mittelpunkt jeder Kardanaufhängung 30 fällt mit dem Mittelpunkt der Kugel zusammen, welche die Anschlagflächen 22 der Gegenanschlagelemente 21 bestimmt.

Auf diese Weise wird sichergestellt, dass bei auf den Anschlägen aufliegenden Gegenanschlagelementen 21 die Messpunkte, deren Relativlage gemessen wird, genau festgelegt sind.

Die Ausbildung der beiden äusseren Messköpfe 20a geht aus der Figur 9 hervor. Zur Messung des Abstandes bzw. der Abstandsänderung zwischen benachbarten Messköpfen 20a und 20b in Längsrichtung der Messsonde 19 ist ein Längengeber 31 vorhanden, der ebenfalls als Differentialtransformator ausgebildet ist und gleich funktioniert wie der Längengeber 18 der Messsonde 4. Der Tauchanker des Differentialtransformators ist mit dem hohlstabartigen Messsystemteil 29 verbunden, so dass eine Relativbewegung zwischen den Messsystemteilen 28 und 29 auf die früher beschriebene Weise die Erzeugung eines entsprechenden Ausgangssignals des Längengebers 31 zur Folge hat.

Die Kardanaufhängung 30 weist zwei am Messkopf 20a ausgebildete, sich diametral gegenüberliegende Schneiden 30a auf, in denen ein Gelenkring 30b gelagert ist. Dieser Gelenkring 30b ist auf seiner Innenseite ebenfalls mit zwei sich gegenüberliegenden Schneiden versehen, die in Fig. 9 jedoch nicht sichtbar sind, da sie gegenüber den Schneiden 30a in Umfangsrichtung des Gelenkringes 30b um 90° versetzt sind. In diesen am Gelenkring 30b vorhandenen Schneiden ist der Messsystemteil 29 gelagert.

In Fig. 10 ist die Ausbildung des mittleren Messkopfes 20b schematisch dargestellt. Zur Messung des Winkels zwischen den beiden Längsachsen 28a der Messsystemteile 28 ist ein Messgrössenumformer 32 bekannter Bauart vorhanden. Beim vorliegenden Ausführungsbeispiel ist dieser Messgrössenumformer 32 ein Längengeber, im speziellen ein Differentialtransformator, der gleich aufgebaut ist wie die Längengeber 31 und so montiert ist, dass die Bewegungsrichtung des Tauchankers etwa rechtwinklig zur Bewegungsrichtung der Tauchanker des Längengebers 31 verläuft. Dieser Tauchanker des Längengebers 32 ist mit einem Verlängerungselement 33 verbunden, das am einen Messsystemteil 28 befestigt ist und parallel zu dessen Längsachse 28a verläuft. Wird einer der beiden Teile 28 bezüglich des andern Teils verdreht, so hat das eine entsprechende Bewegung des Tauchankers des Längengebers 32 und somit auf die bereits beschriebene Weise die Erzeugung eines Ausgangssignals zur Folge. In Figur 10 sind gestrichelt noch zwei weitere Längengeber 32 dargestellt, bei denen bei einem gegebenen Auslenkwinkel $\Delta\alpha$ der Tauchanker einen grösseren Weg zurücklegt als der Tauchanker des Längengebers 32. Je nach Mass der Auslenkung und der gewünschten Messgenauigkeit kann der geeignete Längengeber zur Messung herangezogen werden. Für eine Bestimmung des Winkels $\Delta\alpha$ genügt jedoch an sich ein einziger Längengeber.

Die Funktionsweise der Einrichtung gemäss den Fig. 6 bis 10 entspricht weitgehend derjenigen des Ausführungsbeispiels der Figur 1 bis 5. Die Messsonde 19 wird in Messposition gebracht, in der über die Zugstange 27 und die Zugfedern 26 die Gegenanschlagelemente 21 an die Anschlagelemente der Anschläge angedrückt sind. Durch die Ausbildung der Anschlagflächen als Teile einer Kreiskegelmantelfläche bzw. einer Kugel wird, wie bereits beschrieben, eine genaue Positionierung der Messköpfe 20 gewährleistet. Mittels der Längengeber 31 wird der Abstand bzw. die Abstandsänderung zwischen den Messköpfen 20a und 20b, d.h. also der Abstand bzw. die Abstandsänderung zwischen benachbarten Messmarken 3, auf die bereits früher beschriebene Weise ermittelt. Allfällige Verschiebungen

der Messmarken 3 in Längsrichtung des Messrohres 1, d.h. in Richtung X, können somit auf diese Weise erfasst werden.

Die Verschiebung einer Messmarke 3 quer zur Richtung X, z.B. in Richtung Y, hat zur Folge, dass der auf dieser Messmarke aufliegende mittlere Messkopf 20b in dieser Richtung Y gegenüber den beiden äusseren Messköpfen 20a seitlich versetzt ist. Diese seitliche Versetzung bewirkt, dass zwischen den Längsachsen 28a der Messsystemteile 28 ein Winkel $\Delta\alpha$ gebildet wird, wie das aus Fig. 10 hervorgeht. Dieser Winkel $\Delta\alpha$ wird mittels des Längengebers 32 gemessen und dient als Ausgangsgrösse zur Berechnung der seitlichen Versetzung des Messkopfes 20b bezüglich der Verbindungslinie zwischen den beiden äusseren Messköpfen 20a. Durch Drehen der Messsonde 19 um ihre Längsachse um 90° wird auf entsprechende Weise die seitliche Versetzung des Messkopfes 20b in Richtung Z bestimmt.

Bei der Durchführung einer Messung wird die Messsonde 19 in Längsrichtung des Messrohres 1 nacheinander in die verschiedenen Messpositionen gebracht. In jeder Messposition erfolgt auf die beschriebene Weise eine Abstand- bzw. Lagemessung in den Richtungen X, Y, Z. In der Fig. 6 ist die Messsonde 19 in der Messposition i dargestellt, in der einerseits die Abstände, bzw. Abstandsänderungen zwischen den Messmarken i und i - 1 und i und i + 1 gemessen und die seitliche Versetzung der Messmarke i bezüglich der Messmarken i - 1 und i + 1 bestimmt wird. In der nachfolgenden Messposition i + 1, die durch die Messsonde 19' dargestellt ist, erfolgt eine entsprechende Abstands- bzw. Abstandsänderungsmessung zwischen den Messmarken i + 1 und i, bzw. i + 1 und i + 2 sowie eine Bestimmung der seitlichen Versetzung der Messmarke i + 1 bezüglich der beiden benachbarten Messmarken i und i + 2. Durch Aufsummierung der einzelnen Messwerte kann die relative bzw. die absolute räumliche Lage jeder Messmarke 3 bezüglich eines Fixpunktes oder einer Fixrichtung bestimmt werden.

Mittels derselben Messsonde 4 bzw. 19 können an verschiedenen Messorten Messungen vorgenommen werden. Als ortsfeste Installationen im zu untersuchenden Medium ist nur das Messrohr 1 mit dem Messmarken 3 notwendig, während die Messsonde wie bereits erwähnt portabel ist. Dies erlaubt zudem jederzeit eine einwandfreie Überprüfung der Funktionsweise der Messeinrichtung, d.h. der Längengeber 18, 31 und 32. Mittels der Messsonde 4 bzw. 19 können entlang des Messrohres 1 an verschiedenen Punkten Messungen vorgenommen werden.

Durch die besondere Ausbildung der Anschläge 7 und der Gegenanschläge 8 bzw. 21 wird ein genaues und immer gleich bleibendes Einspannen der Messsonde 4, 19 zwischen die Messmarken 3 ermöglicht wodurch Messungen mit grosser Genauigkeit reproduziert werden können. Die Messsonde 4, 19 ermöglicht die direkte Messung der relativen Lageverschiebungen von benachbarten Messmarken 3, ohne dass zu diesem Zwecke zwischen zwei grossen Messwerten zuerst die Differenz gebildet werden muss.

Um den Temperatureinfluss auf die Messungen möglichst gering zu halten, werden die Messmarken 3 und die für die Messung massgebenden Teile der Messsonde 4, 19 aus einem möglichst temperaturunempfindlichen Werkstoff hergestellt. Durch entsprechende Werkstoffauswahl ist zudem eine Kompensierung der Temperatureinflüsse möglich. Für die Messungen der Verschiebungen quer zur Messrohr längsachse werden zwei Messungen durchgeführt, wobei die Messsonde 19 zwischen den Messungen um ihre Längsachse um 180° gedreht wird. Auf diese Weise wird der Temperatureinfluss oder andere Fehlerquellen eliminiert.

Es versteht sich, dass die Längengeber 18 und 31 bzw. der Messgrössenumformer 32 auch anders als beschrieben ausgebildet werden kann. Zudem ist es auch denkbar, die Anschlagfläche 8 der Anschläge 7 als Kugelfläche auszubilden und den

Anschlagflächen 10 bzw. 22 der Gegenansläge 9 bzw. 21 die Gestalt von Kegelmantelflächen zu geben.

Die beschriebenen Einrichtungen eignen sich zur Bestimmung von Verschiebungen im Gelände, d.h. im Boden oder im

Fels, sowie in Bauwerken wie Aufschüttungen, Talsperren, Stollen, Kavernen, Brücken, Pfählungen, Schlitzwänden und dergleichen.

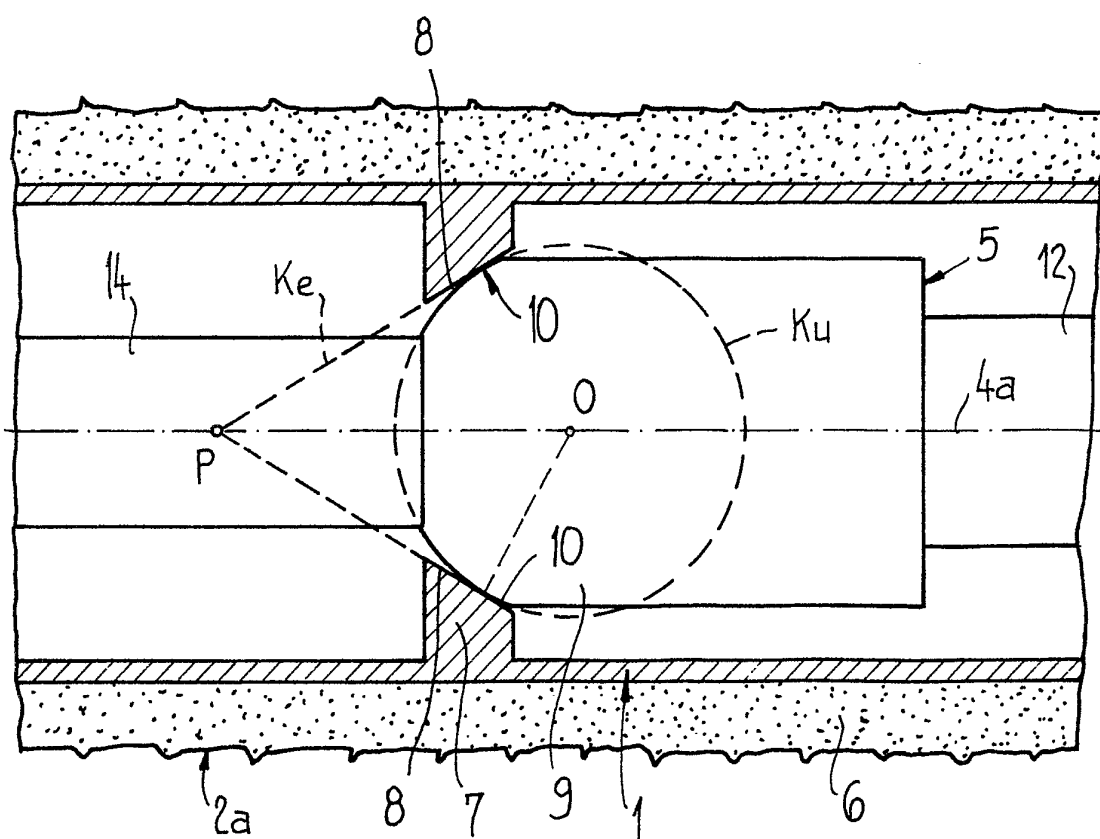
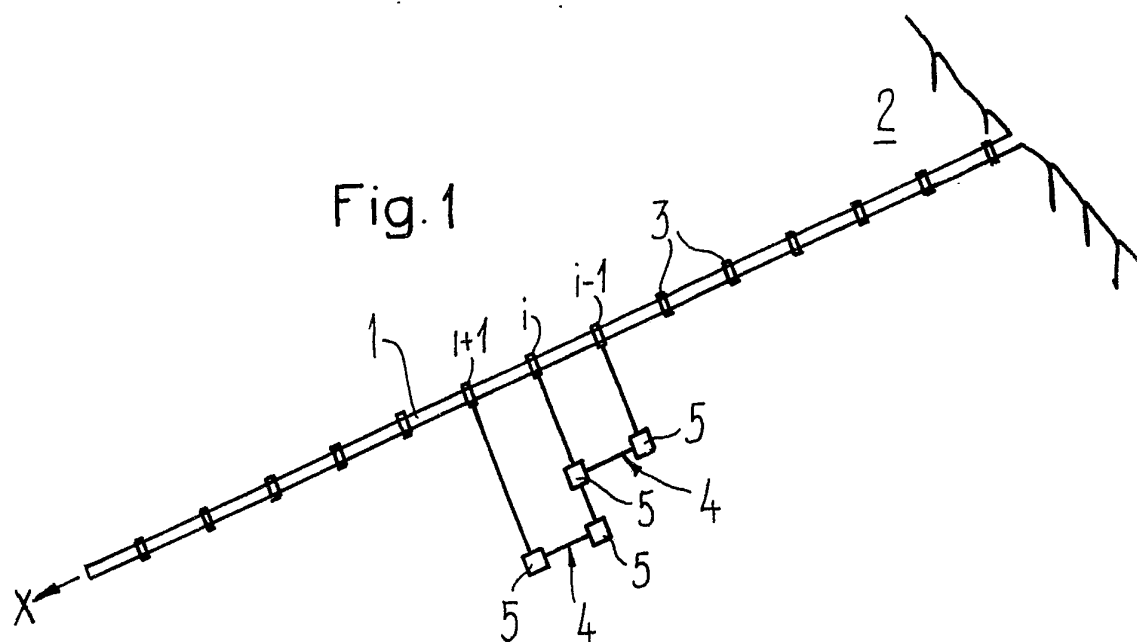


Fig. 2

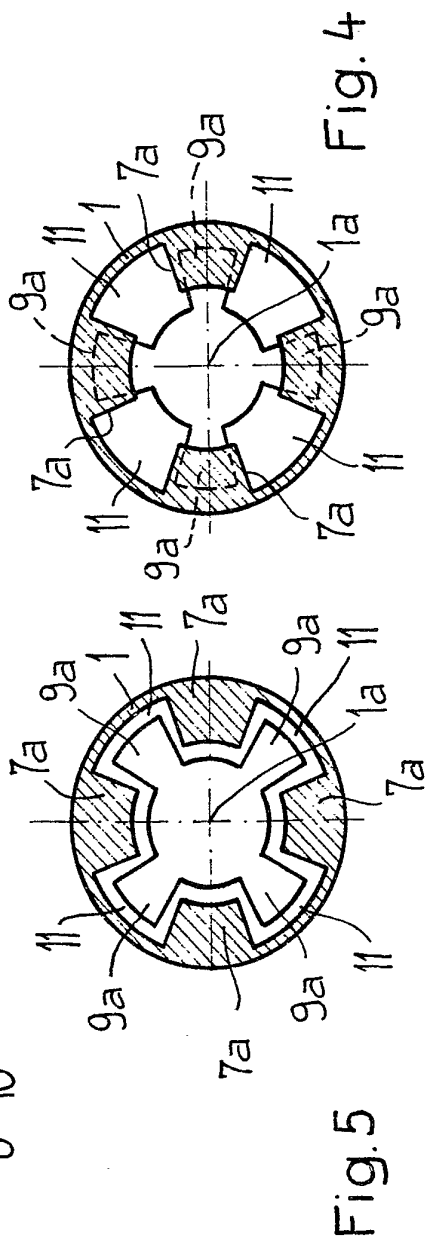
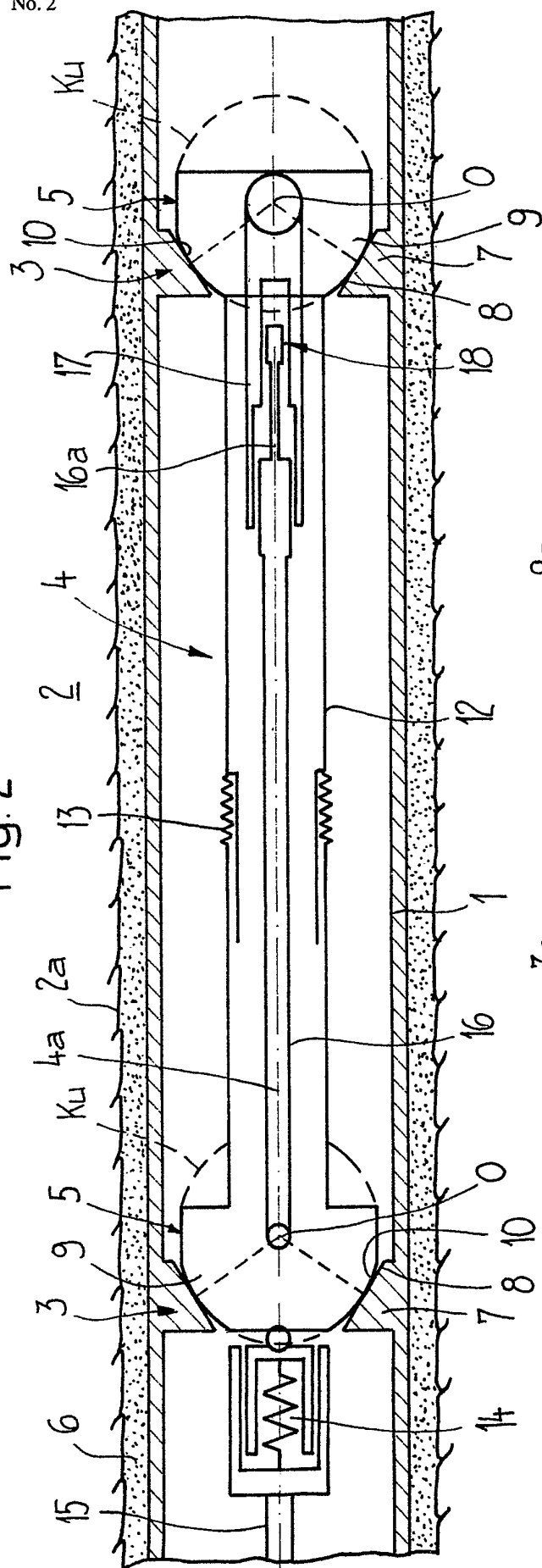


Fig. 5

Fig. 4

Fig. 6

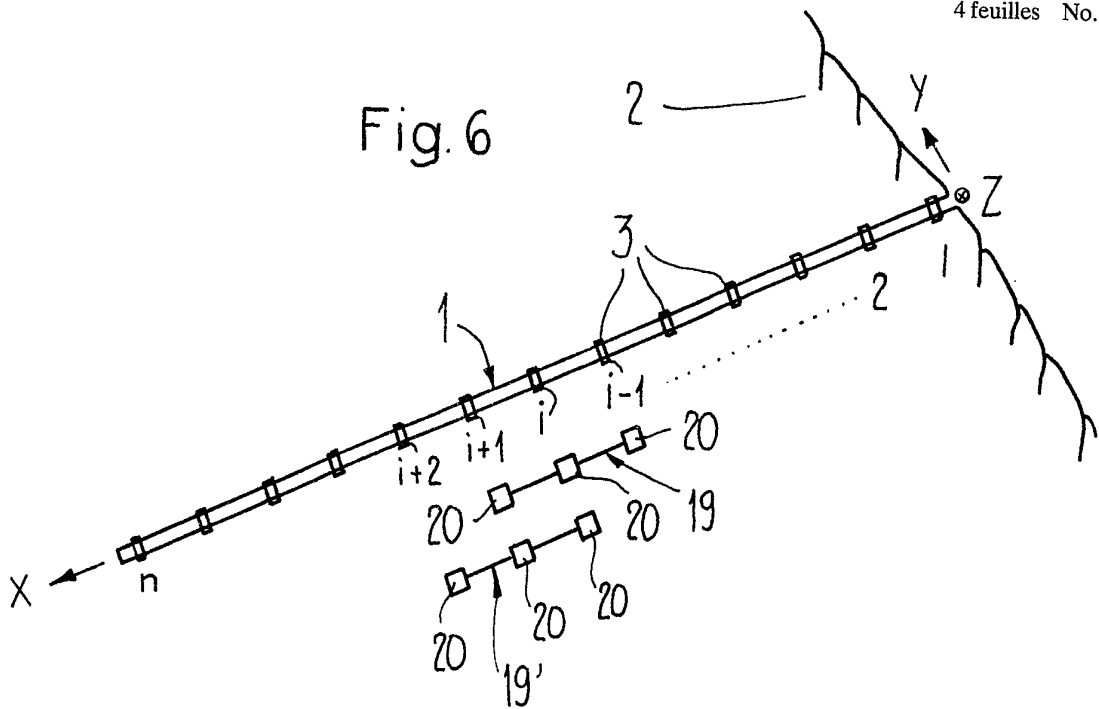


Fig. 9

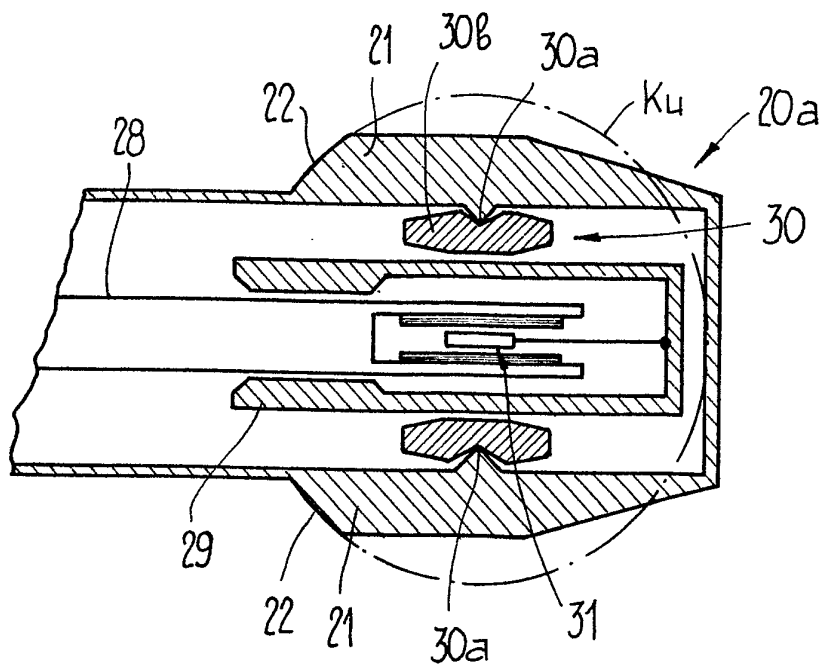
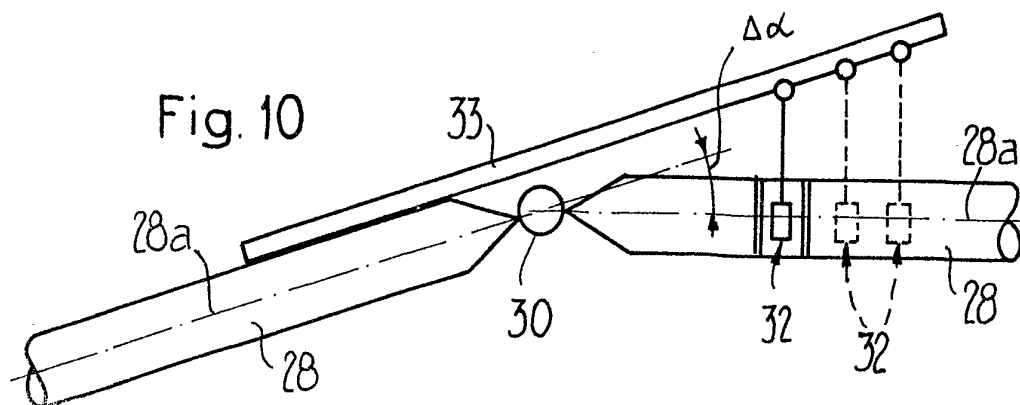


Fig. 10



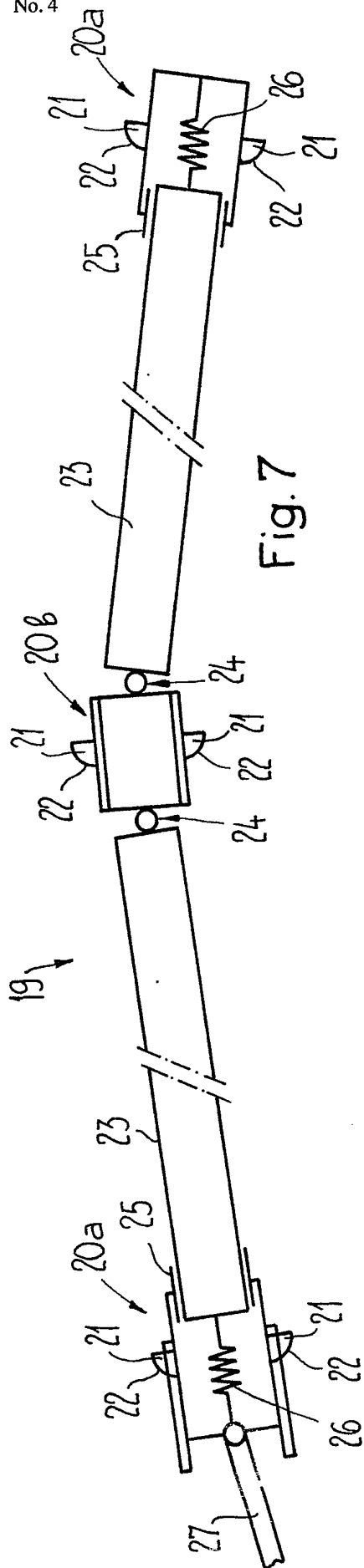


Fig. 7

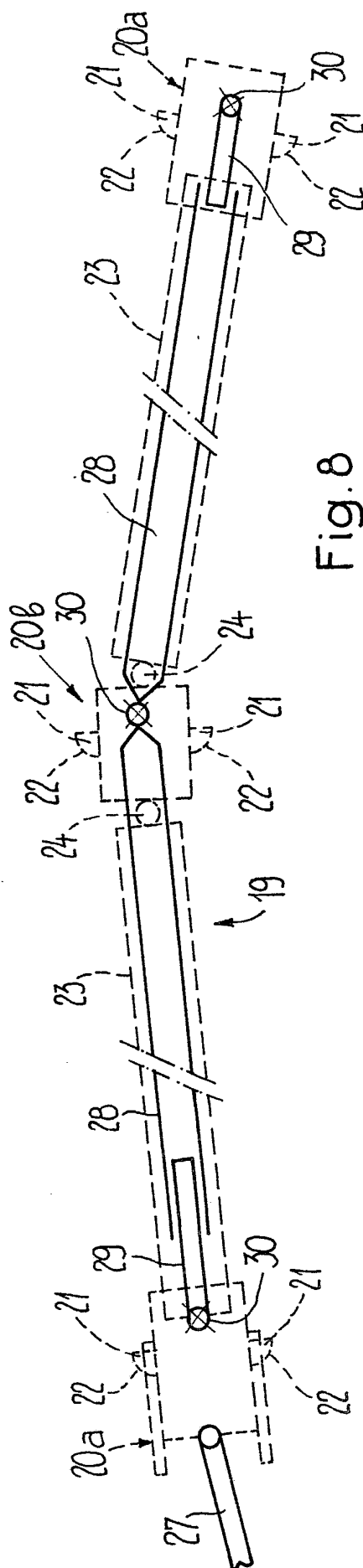


Fig. 8